

(在 t 时火箭质量),  $v$  为火箭的飞行速度,  $t$  为火箭的飞行时间,  $F$  为火箭的推力,  $X$  为空气对火箭的迎面阻力;  $g$  为重力加速度,  $h$  为火箭飞行在  $t$  时刻所在高度。

可用数值积分法对(5)式积分, 写成下面形式:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta V = \left( \frac{F - X}{M} - g \right) \Delta t \\ \Delta h = V \Delta t \end{array} \right. \quad (6)$$

在积分时先选择  $\Delta t$  的积分时间间隔, 如  $\Delta t = 1$  或  $\Delta t = 0.1$  秒。所取时间间隔越小越准确。 $M$ 、 $F$  可取  $\Delta t$  时间内的中值,  $x$  取前段间隔的数值计算。

下面求在  $t$  时刻火箭所具有的质量  $M$ , 为了计算简便, 用直线来代替推力曲线如图 3, 所包围的面积与原曲线包围的面积相等。这样就把质量流率与推力近似为直线关系。

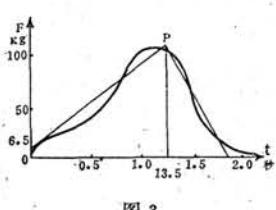


图 3

$$\text{因为: } M = M_0 - m$$

式中  $M_0$  为火箭起飞质量,  $m$  为在  $t$  时刻燃烧掉的火药质量。

由工作曲线求出:

$$m = \frac{m_0}{Ig} \int_0^t F dt$$

式中,  $m_0$  为燃烧前黑火药的总重量,  $I$  为推力总冲量, 可由(3)式求得。

把推力  $F$  用直线方程来表示, 从图(3)可得。

$$F = Kt + F_0$$

式中  $K$  为直线斜率(AP, PB)

是两种斜率),  $F_0$  为燃烧室的起始推力。

所以

$$m = \frac{m_0}{Ig} \left( \frac{1}{2} Kt^2 + F_0 t \right)$$

$$M = M_0 - \frac{m_0}{Ig} \left( \frac{1}{2} Kt^2 + F_0 t \right) \quad (7)$$

下面对(6)式进行积分。最初火箭速度为零, 经过时间  $\Delta t$  的速度  $V_1$  和所在高度  $h_1$  则为(此时空气阻力为零):

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = \Delta V = \left( \frac{F_1}{M_1} - g \right) \Delta t \\ h_1 = \Delta h = V_1 \Delta t \end{array} \right.$$

按标准大气求出这个高度上的空气密度  $\rho$ , 按迎面阻力系数曲线  $C_x = f(M_0)$  (可利用与所计算类似火箭的现成曲线) 求出系数  $C_x$ , 并按  $V_1$  求出迎面阻力  $x_1$ 。

$$x_1 = C_x \frac{\rho_1 v_1^2}{2} \cdot s$$

式中  $s$  为火箭最大截面积。求  $C_x$  时先算出  $M_{cx}$  数,  $M_{cx} = Vt/a$ ,  $a$  为在此高度上大气的音速。再根据  $M_{cx}$  数由阻力系数曲线查到  $C_x$ 。图 4 是与“锥-22”型火箭相似的火箭阻力系数曲线。

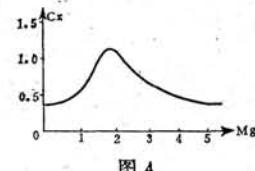


图 4

$$V_2 = V_1 + \left( \frac{F_2 - X_1}{M_2} - g \right) \Delta t$$

$$h_2 = h_1 + V_2 \Delta t$$

用同样的方法计算到速度为零时, 即弹道顶点。当速度很小时, 空气阻力很小可忽略不计。火箭接近顶点一般可按匀加(减)速运动计算。

## 用拉火管点燃防雹炮

在防雹炮发火装置方面, 用擦火和点火点燃, 难以保证土炮弹的发射。为了解决这一问题, 我们将拉火管应用于土炮弹上的发火, 通过试用, 效果良好。它的优点是: 不怕风雨, 操作简单, 能利用导火索长度控制时间, 使用较安全, 一个人可以同时控制几门土炮, 节省劳力。

拉火管的简单结构如图 1 所示。它的管壳是一根长 60 毫米, 粗

10 毫米的塑料管, 一头封闭, 一头开口。用一根长 55 毫米, 粗 0.7 毫米的细铅丝在封闭的一端插入管内。管外的一端连一小木把作为拉火杆。管内铅丝长 40 毫米, 弯曲成锯齿形, 上面涂粘一层摩擦药(赤磷 75%, 硫化锑 25%)。管内密封处装一拉火帽, 内装有发火药(硫化锑 40±1%, 氯化钾 40±1%, 二氧化铅)。当用力拉出铅丝时, 管内便摩擦起火, 将固定在炮弹上的导火索引燃, 起到了引燃点火的作用(见图 2)。

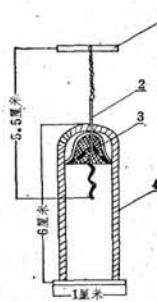


图 1 拉火管示意图  
1. 拉火杆 2. 拉火丝  
3. 拉火帽 4. 管壳

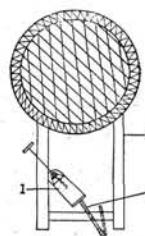


图 2 用拉火管点炮  
1. 拉火管 2. 导火索 3. 炮弹  
(山西阳泉市气象台)